



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08304492 A**(43) Date of publication of application: **22.11.96**

(51) Int. Cl

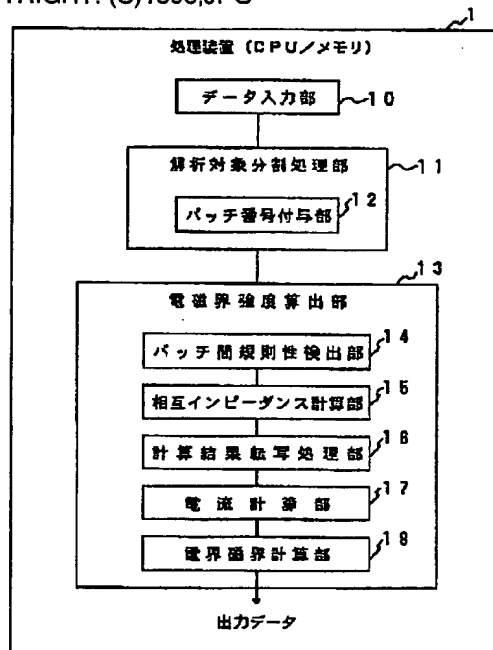
G01R 29/08
G06F 17/00
(21) Application number: **07104933**(22) Date of filing: **28.04.95**(71) Applicant: **FUJITSU LTD**
(72) Inventor: **MUKAI MAKOTO**
OTSU SHINICHI
**(54) CALCULATION DEVICE OF INTENSITY OF
ELECTROMAGNETIC FIELD**

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To reduce an amount of calculations and to calculate an electromagnetic field intensity at a high speed in an electromagnetic field intensity calculation device which calculates by utilizing a moment method an electromagnetic field intensity that an electric circuit device emits.

CONSTITUTION: A patch number applying section 12 sequentially applies patch numbers in the normal order to patches possessed by respective plates to be analyzed. A mutual impedance calculation section 15 abstracts a combination of the patches of which relative position is unique and calculates the mutual impedance between the patches in terms of only the combination of patches of which abstracted relative position is unique. A calculation result transferring operation section 16 transfers a calculated result of the mutual impedance to a mutual impedance storing region between the patches which are in the same mutual position relation to form simultaneous equations in a moment method.



THIS PAGE BLANK (USFIC,

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-304492

(43) 公開日 平成8年(1996)11月22日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 R 29/08			G 0 1 R 29/08	Z
G 0 6 F 17/00		9168-5L	G 0 6 F 15/20	D

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平7-104933

(22) 出願日 平成7年(1995)4月28日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(72) 発明者 向井 誠

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72) 発明者 大津 信一

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小笠原 吉義 (外2名)

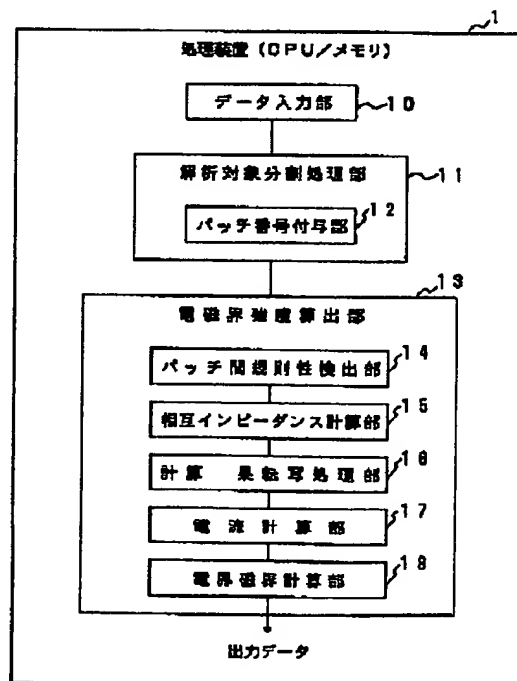
(54) 【発明の名称】 電磁界強度算出装置

(57) 【要約】

【目的】 モーメント法を用いて電気回路装置が放射する電磁界強度を算出する電磁界強度算出装置に関し、計算量を削減して高速に電磁界強度を算出できるようにすることを目的とする。

【構成】 パッチ番号付与部12により、解析対象中の各板に属するパッチに対して、パッチ番号を正順に連続して付与する。相互インピーダンス計算部15は、パッチ番号をもとに相対位置がユニークなパッチの組み合わせを抽出し、抽出された相対位置がユニークなパッチの組み合わせに対してのみパッチ間の相互インピーダンスを計算する。計算結果転写処理部16により、相互インピーダンスの計算結果を、同じ相対位置関係にあるパッチ間の相互インピーダンス格納領域に転写し、モーメント法の連立方程式を作成する。

本発明の原理解説図



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電気回路装置が放射する電磁界強度を算出する電磁界強度算出装置において、解析対象となる電気回路装置の構造情報を入力するデータ入力手段と、解析対象を微小要素であるパッチに分割するときに、少なくとも解析対象中の 1 枚の板に属するパッチに対して、パッチ番号を正順に連続して付与する、または既に付与されているパッチ番号を解析時に正順に連続して付与し直すパッチ番号付与手段と、前記パッチ番号をもとに抽出された各パッチ間の組み合わせのうち相対位置がユニークなパッチの組み合わせに対してパッチ間の相互インピーダンスを計算する相互インピーダンス計算手段と、求められた相互インピーダンスの計算結果を、同じ相対位置関係にあるパッチ間の相互インピーダンス格納領域に転写し、モーメント法の連立方程式を構成する計算結果転写処理手段と、モーメント法の連立方程式を解き、各要素に流れる電流を計算する電流計算手段と、算出された電流値を基に電磁界強度を計算する電界磁界計算手段とを備えたことを特徴とする電磁界強度算出装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の電磁界強度算出装置において、前記パッチ番号付与手段は、解析対象における重畳位置にある 2 枚の板について各板毎にパッチ番号を正順に連続して付与し、前記相互インピーダンス計算手段は、重畳位置にある 2 枚の板のパッチ間において、相対位置がユニークなパッチ間の相互インピーダンスを計算し、前記計算結果転写手段は、重畳位置にある 2 枚の板のパッチ間において計算された相互インピーダンスの計算結果を、重畳位置にある 2 枚の板の同じ相対位置関係にあるパッチ間の相互インピーダンス格納領域に転写し、モーメント法の連立方程式を構成するようにしたことを特徴とする電磁界強度算出装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載の電磁界強度算出装置において、前記パッチ番号付与手段は、解析対象における隣接する 2 枚の板について各板毎にパッチ番号を正順に連続して付与し、前記相互インピーダンス計算手段は、隣接する 2 枚の板のパッチ間において、相対位置がユニークなパッチ間の相互インピーダンスを計算し、前記計算結果転写手段は、隣接する 2 枚の板のパッチ間において計算された相互インピーダンスの計算結果を、隣接する 2 枚の板の同じ相対位置関係にあるパッチ間の相互インピーダンス格納領域に転写し、モーメント法の連立方程式を構成するようにしたことを特徴とする電磁界強度算出装置。

【請求項 4】 電気回路装置が放射する電磁界強度を算出する電磁界強度算出装置において、解析対象となる電気回路装置の構造情報を入力するデータ入力手段と、解析対象を微小要素であるパッチに分割するときに、少なくとも解析対象中の 1 枚の板に属するパッチに対して、パッチ番号を正順に連続して付与する、または既に付与されているパッチ番号を解析時に正順に連続して付与し

直すパッチ番号付与手段と、独立した板、重畳位置にある 2 枚の板または隣接する 2 枚の板を判別し、判別後に 1 枚の板、重畳位置にある 2 枚の板または隣接する 2 枚の板のそれぞれにおいて、パッチ番号をもとに相対位置がユニークなパッチの組み合わせを抽出し、抽出された相対位置がユニークなパッチの組み合わせに対してパッチ間の相互インピーダンスを計算する相互インピーダンス計算手段と、求められた相互インピーダンスの計算結果を、同じ相対位置関係にあるパッチ間の相互インピーダンス格納領域に転写し、モーメント法の連立方程式を構成する計算結果転写処理手段と、モーメント法の連立方程式を解き、各要素に流れる電流を計算する電流計算手段と、算出された電流値を基に電磁界強度を計算する電界磁界計算手段とを備えたことを特徴とする電磁界強度算出装置。

【請求項 5】 請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の電磁界強度算出装置において、前記パッチ番号付与手段は、一部規則性を欠く板に対してダミーパッチを追加して見掛け上規則性のある板としてパッチ番号を正順に連続して付与し、前記計算結果転写処理手段は、ダミーパッチ部分を除く部分について該当する相互インピーダンスの計算結果を転写し、ダミーパッチ部分には相互インピーダンスの計算結果を転写しないようにしたことを特徴とする電磁界強度算出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、モーメント法に基づいて電気回路装置の放射する電磁界強度を算出する電磁界強度算出装置に関し、特に、解析すべき構造データの規則性を検出し、計算量を削減して高速に電磁界強度を算出できるようにした電磁界強度算出装置に関する。

【0002】 電気回路装置から不要放射される電波は、テレビやラジオ等の他の電波と干渉することから、最近、各国で厳しく規制されるようになってきた。このような規制の規格として、日本では VCCI 規格があり、米国では FCC 規格があり、ドイツでは VDE 規格がある。

【0003】 このような電波規制を満足させるためには、シールド技術やフィルタ技術等のような種々の対策技術を使う必要があり、これらの対策技術がどの程度電波を減少させるかを定量的にシミュレートする技術が必要となる。このような電磁波解析のシミュレーションには、膨大な計算機の処理時間が必要になるので、高速に電気回路装置の放射する電磁界強度を算出する装置が要求される。

【0004】

【従来の技術】 任意形状の物体から放射される電磁界強度は、物体各部に流れる電流が分かれば、公知の理論式を用いて容易に計算することができる。この電流値は、理論的には、マックスウェルの電磁波動方程式を与えら

10

20

30

40

50

れた境界条件の下で解くことで得られるが、任意形状物体を対象とした複雑な境界条件の下での直接的な数式解は現在知られていない。

【0005】したがって、現在の電磁界強度算出装置で用いられている電流を求める解法は、難易の程度はあるにせよ、すべて近似的なものである。現在、この近似的な解法の代表的なものとして、微小ループアンテナ近似法と、分布定数線路近似法と、モーメント法という3種類のものが知られている。

【0006】微小ループアンテナ近似法は、波源回路と負荷回路との間を接続する配線をループアンテナとして扱い、ループ上の電流は平坦なものと仮定して、これを集中定数回路の計算手法で求める方法である。図10に、この微小ループアンテナ近似法の構成を図示する。

【0007】この微小ループアンテナ近似法による計算は、最も簡単であるが、ループの寸法が電磁波の波長に比べて無視できない条件では精度が極めて低下することから、現実にはほとんど用いられていない。

【0008】また、分布定数線路近似法は、1次元の構造物として近似できる物体に対して、分布定数線路の方程式を適用することで電流を求める方法である。計算は比較的簡単であり、計算時間および記憶容量も解析要素数にほぼ比例して増加するだけで、線路の反射や共振等の現象も含めた解析ができることから、1次元の近似が成立する物体については、高速・高精度の解析ができる。図11に、この分布定数線路近似法の構成を図示する。

【0009】この分布定数線路近似法による計算は、1次元の構造物として近似できる物体については、高速・高精度の解析ができるものの、近似できない物体については解析できないという問題点がある。

【0010】一方、モーメント法は、マックスウェルの電磁波動方程式から導かれる積分方程式の解法の1つであり、3次元の任意形状物体を扱うことができる。具体的には、物体を小さな要素に分割して電流の計算を行うものである。

【0011】このように、モーメント法が3次元の任意形状物体を扱えることから、電磁界強度算出装置では、モーメント法を使って、電気回路装置の放射する電磁界強度を算出するという構成が有力である。

【0012】このモーメント法を用いる方式では、金属対象物を扱うときには、金属部分を解析対象としてメッシュ化し、分割した金属間の相互インピーダンス Z_{ij} を求め、この相互インピーダンス Z_{ij} と、波源 V_i と、分割した金属に流れる電流 I_i との間に成立するモーメント法の連立方程式

$$[Z_{ij}] [I_i] = [V_i]$$

を解いて電流 I_i を求め、この結果から放射される電磁界強度を算出するという方法を採用。ここで、

「 $[]$ 」はマトリクスを表している。

【0013】なお、モーメント法についての参考文献としては、以下のものがある。

【参考文献1】H.N.Wang, J.H.Richmond and M.C.Gilreath: "Sinusoidal reaction formulation for radiation and scattering from conducting surface" IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION vol.AP-23, 1975

以上のように、モーメント法は任意形状物体からの放射を扱うことのできる汎用3次元電磁波解析手法であるが、サーフェスパッチ相互間のインミッタンス行列要素の計算に多大な時間がかかるという問題がある。

【0014】この計算時間を削減する技術として、下記の参考文献2に、解析対象の1枚の板(plate)上にあるサーフェスパッチにおいて、相対的な位置関係が等しければ相互インピーダンスが等しくなるという点に着目し、相対位置がユニークなパッチの組み合わせに対してのみパッチ間の相互インピーダンスを計算して、その計算結果を他の同様な相対位置関係にある行列要素に利用する手法が提案されている。

【参考文献2】E.H.Newman and D.M.Pozar: "Considerations for Efficient Wire/Surface Modeling" IEEE TRANSACTIONSON ANTENNAS AND PROPAGATION vol.AP-28, No.1, JANUARY 1980.

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の参考文献2に示されている手法においては、1枚の板上のパッチの相対位置関係だけを問題にしており、複数の板間のパッチの相対位置関係を解析して計算量を削減することまでは考慮されていなかった。

【0016】また、解析対象となる板は種々の任意の形状をとり得るため、従来、解析対象である1枚または複数枚の板上にあるパッチ間の相対的な位置関係が等しいものを抽出し、その中から相対位置がユニークなものを自動検出するための手法は確立されていなかった。したがって、パッチ間の相対的な位置関係を調べて相対位置がユニークなものを抽出するのに、多大な労力および時間を要していた。

【0017】本発明は上記問題点の解決を図り、解析対象の構造データに規則性を持たせることにより、相対的な位置関係の解析を容易にし、モーメント法に用いる相互インピーダンスの計算量を大幅に削減することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】図1は本発明の原理構成図である。図中、1はCPUおよびメモリ等からなる処理装置であって、モーメント法に基づいて解析対象となる電気回路装置の放射する電磁界強度を算出する装置である。

【0019】データ入力部10は、解析対象となる電気回路装置の構造情報を入力する入力手段である。解析対

象分割処理部11は、電磁界強度の解析対象を微小要素であるパッチに分割する処理手段である。パッチ番号付与部12は、解析対象の板をパッチに分割するときに少なくとも解析対象中の1枚の板に属するパッチに対して、パッチ番号を正順に連続して付与する処理手段である。または、電磁界強度算出部13内のパッチ間規則性検出部14に第2のパッチ番号付与部を設け、既に付与したパッチ番号を、解析時に正順に連続して付与し直すようにしてもよい。

【0020】電磁界強度算出部13は、モーメント法に基いて電磁界強度を計算する処理手段である。パッチ間規則性検出部14は、パッチ番号付与部12によって付与したパッチ番号をもとに、パッチ間の規則性を検出する処理手段である。

【0021】相互インピーダンス計算部15は、パッチ間規則性検出部14によって検出されたパッチ間の規則性から各パッチ間の組み合わせのうち相対位置がユニークなパッチの組み合わせを抽出し、その組み合わせに対してのみパッチ間の相互インピーダンスを計算する手段である。特に相互インピーダンス計算部15は、独立した板、重畳位置にある2枚の板または隣接する2枚の板を判別し、判別後に1枚の板、重畳位置にある2枚の板または隣接する2枚の板のそれぞれにおいて、パッチ番号をもとに相対位置がユニークなパッチの組み合わせを抽出し、抽出された相対位置がユニークなパッチの組み合わせに対してのみパッチ間の相互インピーダンスを計算する手段を備える。

【0022】計算結果転写処理部16は、求められた相互インピーダンスの計算結果を、同じ相対位置関係にあるパッチ間の相互インピーダンス格納領域に転写し、モーメント法の連立方程式を構成する手段である。電流計算部17は、モーメント法の連立方程式を解き、各要素に流れる電流を計算する手段である。電界磁界計算部18は、算出された電流値を基に電磁界強度を計算する手段である。

【0023】さらに、パッチ番号付与部12は、一部規則性を欠く板に対してダミーパッチを追加して見掛け上規則性のある板としてパッチ番号を正順に連続して付与し、計算結果転写処理部16は、ダミーパッチ部分を除く部分について該当する相互インピーダンスの計算結果を転写し、ダミーパッチ部分には相互インピーダンスの計算結果を転写しないようにしてもよい。

【0024】

【作用】解析対象となる電気回路装置における多層プリント板の接地層や、パソコン筐体の天板、底板、側板などは、長方形パッチの規則的な配列としてモデル化できる場合が多い。したがって、与えられた構造データに含まれる規則性を自動的に抽出し、一部の計算結果を他の部分に転用することができれば、計算量の大幅な削減が可能になる。大面積の板ほど、計算量削減の効果が大き

いことになる。

【0025】筐体のモデリングを行う場合、細部の構造を忠実にモデル化するのは計算時間の点から実用的ではない。本質を損なわない範囲で、できるだけ規則性のある形状に変え、パッチを細分化したほうが少ない計算時間で高精度の結果が得られる。

【0026】以上の点から、本発明は、解析対象装置の3次元構造に対して、積極的に規則性を与えることにより、計算量を削減する。そのため、板をパッチに分割するとき、各板に属するパッチに対して、パッチ番号を正順に連続して与える。これにより規則性を有する構造データを作成する。この規則性を認識して、多数のパッチ間の組み合わせのうち、相対位置がユニークなインミッタンス値のみ計算し、必要に応じて値の順番や符号を変えて他に転写する。

【0027】

【実施例】図2は本発明に係る計算量の削減原理説明図である。本発明では、独立した1枚の板、重畳位置にある2枚の板または隣接する2枚の板におけるパッチ間の組み合わせのうち、相対位置がユニークなパッチ間のインミッタンス値のみを計算し、他に転写する。

【0028】図2(A)は、1枚の板について、全パッチ間の相互インピーダンスを求める場合の例を示す。金属板21がm行n列のサーフェイスパッチ20に分割されているとすると、全パッチの2個の組み合わせ数は、

$$(m \times n) \times (m \times n) = m^2 n^2$$

となる。本発明では、規則性を検出することによって、このすべてについて相互インピーダンスを計算するのではなく、相対位置がユニークなものについてだけ相互インピーダンスを計算する。例えば、サーフェイスパッチ20aと、自分を含むm×n個のパッチ間の相互インピーダンスを計算すれば、その結果は、それぞれ同じ相対位置関係にあるパッチ間の相互インピーダンスに利用することができる。例えば、サーフェイスパッチ20bと他のパッチ(自パッチを含む)との間の相互インピーダンスなどは、サーフェイスパッチ20aと他のパッチとの間の相互インピーダンスを、必要に応じて値の順番や符号を変えて用いることができる。したがって、計算量は、m×nになり、mn分の1(=mn/m²n²)に削減される。サーフェイスパッチ20が正方形であるとする、さらに半分の計算量となり、計算量は2mn分の1まで削減可能となる。

【0029】図2(B)は、重畳位置にある2枚の板の間の、全パッチ間の相互インピーダンスを求める場合の例を示す。なお、ここでいう重畳とは、2枚の金属板が接するか、または空間的に離れている状態の両方を意味する。金属板21a、21bはそれぞれm行n列のサーフェイスパッチに分割されているとする。金属板21a中の1個と、金属板21bの中の1個の全パッチの組み合わせ数は、

7

$$(m \times n) \times (m \times n) = m^2 n^2$$

となる。ここで、例えば金属板21aの中のサーフェイスパッチ20cと金属板21b中の各々のパッチとの間で相互インピーダンスを計算すれば、相対位置関係が等しい、金属板21a中の他のパッチと金属板21b中のパッチとの間の相互インピーダンスに利用することができる。したがって、計算量は、 $m \times n$ になり、 mn 分の1 ($=mn/m^2 n^2$)に削減される。サーフェイスパッチ20が正方形であるとする、さらに半分の計算量となり、計算量は $2mn$ 分の1まで削減可能となる。

【0030】図2(C)は、隣接する2枚の板の間の、全パッチ間の相互インピーダンスを求める場合の例を示す。なお、ここでいう隣接とは、2枚の金属板のそれぞれの辺が直接接する場合に限らず、例えば図2(D)に示す金属板21、21'のように、適当な方法により移動することにより接する場合も含む。

【0031】図2(C)の金属板21cは m 行 n 列のサーフェイスパッチに分割されており、隣接する金属板21dは m 行 k 列のサーフェイスパッチに分割されているとする。金属板21c中の1個と、金属板21dの中の1個の全パッチの組み合わせ数は、

$$(m \times n) \times (m \times k) = m^2 n k$$

となる。ここで、例えば金属板21d中のサーフェイスパッチ20d、20e、20fの各々と、金属板21cの中の各パッチとの間についてのみ相互インピーダンスを計算すれば、他の金属板21c中の1個と金属板21dの中の1個の組み合わせには、必ず相対位置関係が等しいものが存在する。したがって、サーフェイスパッチ20d〜20fについて計算した相互インピーダンスを利用することができ、計算量は、 $m^2 n k$ から、 mnk にまで削減することができる。計算量削減の効果は m 分の1 ($=mnk/m^2 n k$)である。

【0032】図3は、図1に示すパッチ番号付与部12によるパッチ番号付与方法を説明する図である。金属板21を長方形または正方形のサーフェイスパッチ20に分割する場合、本発明では、構造データに規則性を持たせるために、図3(A)に示すように、パッチ番号を正順に連続して付与する。すなわち、例えば金属板21の左隅から右方向へ向かって正順にパッチ番号を付与していき、最右端まで付与したならば、次に元の最左端のパッチの上から同様に順番にパッチ番号を付与していく。

【0033】サーフェイスパッチ20が三角形の場合にも、例えば図3(B)に示すように、パッチ番号を正順に連続的に付与することにより、構造データに規則性を持たせる。

【0034】図4は本発明の実施例による規則性検出処理フローチャート、図5は規則性検出説明図である。図1に示すパッチ間規則性検出部14は、図4に示す処理により解析対象となる構造データの規則性を検出する。なお、この規則性検出処理は、解析対象分割処理部11

8

によって解析対象の分割時に行ってもよい。

【0035】まず、図4のステップS1では、図5

(A)に示すようにパッチ20を上下左右のいずれかの隣接方向に順次走査して規則性を抽出するための横方向カウンタ n 、縦方向カウンタ m のそれぞれを「1」に初期化する。ステップS2では、同一板内の最若番のパッチ番号のパッチ属性を得る。以下の説明では、このパッチを現パッチという。ここで、パッチ属性とは、パッチの形状や材料など、電磁界強度に影響を及ぼすものに関するパッチ情報である。図5(B)の例の場合、まずパッチ番号「1」のパッチ20-1のパッチ属性を読み込む。

【0036】ステップS3では、次のパッチ番号(例えば「2」)のパッチ属性を得る。以下の説明では、このパッチを次パッチという。ステップS4では、現パッチと次パッチとが左右方向に隣接しているか否かを判定する。隣接していない場合、ステップS8へ進む。隣接している場合、さらに現パッチと次パッチのパッチ属性が同一であるか否か、すなわち形状・材料等の属性が同一であるか否かを判定する。同一でない場合、ステップS8へ進む。

【0037】パッチ属性が同一の場合、ステップS6により、横方向カウンタ n に1を加算する。その後、ステップS7によってパッチ番号を+1し、次パッチを現パッチとしてステップS3へ戻り、以降の処理を繰り返す。これによって、図5(B)に示すように、順次、パッチ20-1〜20-4がパッチ番号順に調べられることになる。パッチ20-4の次のように、次パッチが現パッチに隣接していないか、または同一属性でない場合、ステップS8へ移る。

【0038】ステップS8では、次パッチが現パッチの最左端にある元のパッチの上下方向に隣接しているか否かを調べる。隣接していない場合、ステップS13へ進む。隣接していれば、次のステップS9により、そのパッチが同一属性であるか否かを判定する。同一属性でなければ、ステップS13へ進む。同一属性であれば、ステップS10によって、横方向カウンタ n の値が正当であるか否かなどの検査を行い、その値を保存しておく。そして、 $n=1$ に再度初期化する。例えば前の横方向の走査時に保存した n の値が、今回走査したときの値 n よりも小さい場合には、規則性のある領域を矩形として把握するため、小さいほうの n の値を保存し、管理の簡易化を図る。

【0039】次に、ステップS11により、縦方向カウンタ m に1を加算し、ステップS12によってパッチ番号を+1し、次パッチを現パッチとしてステップS3へ戻り、同様に処理を繰り返す。これにより、図5(C)に示すように、次行の走査が行われることとなる。

【0040】図5(D)に示すように、パッチ番号「12」の次のパッチが、パッチ番号「12」のパッチに

も、パッチ番号「9」のパッチにも隣接していない場合、または同一属性でない場合には、ステップS13へ進み、m行n列の範囲に規則性のあるパッチが存在すると認識し、これらに規則性管理番号を付与する。規則性管理番号は、例えば規則性のある部分に対して一意に付与される構造識別番号と、その中の各パッチに一意に付与される内部識別番号とからなる。図5(D)に示す例では、3行4列の規則性のあるパッチが検出されたことになる。

【0041】同一の板で、パッチ番号がまだ続く場合には、その次のパッチに対して図4に示す処理を同様に繰り返す。すなわち、図5の例では、パッチ番号「13」のパッチから正順に同様な処理を行う。

【0042】図6は、本発明の他の実施例によるダミーパッチの説明図である。例えば解析対象の金属板21の中には、図6(A)に示すように、欠落部60-1、60-2などが存在することがある。この場合、図5に示すような規則性のある領域は、細分されることになり、計算量の削減効果は小さくなる。そこで、本実施例では、図6(A)の欠落部60-1、60-2に対しても、図6(B)に示すように、ダミーパッチ20-4、20-25として通常のパッチと同様なパッチ番号を正順に付与し、見掛け上は欠落部60-1、60-2がないものとして処理する。

【0043】相互インピーダンス計算部15により、相対位置がユニークなパッチの組み合わせに対してパッチ間の相互インピーダンスを計算した後、計算結果転写処理部16は、ダミーパッチ20-4、20-25を除いた部分についてだけ計算結果の転写を行う。これによって、欠落部がある場合でも計算量の削減を図ることが可能になる。

【0044】図7は、本発明の実施例による相互インピーダンスの計算・転写説明図である。重畳位置にある2枚の板の間におけるパッチ間の相互インピーダンスを計算する例について説明する。隣接する2枚の板の間におけるパッチ間の相互インピーダンスを計算する場合も同様である。

【0045】図7(A)に示す2枚の金属板21a、21bの各パッチに対して、例えば同図に示す1から14までの番号を付けたダイポール間の相互インピーダンスを考える。ここでは、ダイポールiとダイポールj間の相互インピーダンスを $Z_{i,j}$ と表す。相互インピーダンス $Z_{1,1}$ について計算すれば、その計算結果を同じ相対位置関係にある相互インピーダンス $Z_{2,2}$ 、 $Z_{3,3}$ に転写して使用することができる。また、相互インピーダンス $Z_{4,4}$ について計算すれば、その計算結果を同じ相対位置関係にある相互インピーダンス $Z_{5,5}$ 、 $Z_{6,6}$ 、 $Z_{7,7}$ に転写して使用することができる。

【0046】さらに2枚の金属板21a、21b間も同様であり、2枚の金属板21a、21b間における1番

と8番のダイポール間の相互インピーダンス $Z_{1,8}$ を計算すれば、その計算結果を同じ相対位置関係にある相互インピーダンス $Z_{2,9}$ 、 $Z_{3,10}$ に転写して使用することができる。例えば1番と11番のダイポール間の相互インピーダンス $Z_{1,11}$ は、2番と13番のダイポール間の相互インピーダンス $Z_{2,13}$ の結果としても用いることができる。

【0047】電流計算部17は、こうして求められた相互インピーダンスと入力データとして読み込んだ波源 $V_1 \sim V_{14}$ とから、図7(B)に示すようなモーメント法の連立方程式を作成し、各部の未知電流 $I_1 \sim I_{14}$ を計算する。

【0048】図8は、本発明の一実施例処理フローチャートである。以下、図8に従って、本発明の実施例の処理の流れを説明する。まず、ステップS20により、CAD等によって生成された解析対象である電気回路装置のデータを入力する。次に、ステップS21では、モーメント法を適用する部分について、解析対象をワイヤーやサーフェispッチに分割する。このとき、ステップS22によってサーフェispッチに対し各板ごとに正順に連続したパッチ番号を付与する。さらに、ステップS23により、必要なモデルデータの生成または変換を行い、その結果をモデルデータファイル80に出力する。

【0049】ステップS24では、モデルデータファイル80からモデルデータを入力し、金属要素や他のデータ(周波数等)を構造体、配列として設定する。次に、ステップS25によって、図5で説明したような規則性の検出を行う。検出した規則性のある構造に対して、ステップS26により規則性管理番号を定義する。このとき、必要に応じて重畳位置にある板の面の重なり方によるパッチ番号の再定義、ポイント定義開始位置の再定義等を行う。

【0050】次に、あらかじめ定義された周波数について以下の処理を繰り返す。そのため、まずステップS27で、処理済の周波数をカウントすることで、登録されている全周波数についての処理が終了したか否かを判断する。終了した場合には電磁界強度算出の処理を終了し、未処理の周波数がある場合には、次に処理する周波数を未処理の中から1つ選択して、続くステップS28で、この選択した周波数の波長 λ を計算する。

【0051】続いて、順次、相互インピーダンス $Z_{i,j}$ を算出するために、ステップS29によりm個ある金属要素の中から要素i($i=1 \sim m$)と要素j($j=1 \sim m$)の組み合わせを生成し、次のステップS30で、モーメント法の連立方程式に用いる相互インピーダンス $Z_{i,j}$ を計算する。このステップS29では、独立した板、重畳位置にある2枚の板または隣接する2枚の板を判別し、判別結果に応じて相対位置がユニークな要素の組み合わせを抽出し、抽出された相対位置がユニークな要素

の組み合わせに対してのみ、次のステップS30による計算を行う。

【0052】ステップS31の判定により、相対位置がユニークなすべて要素の組み合わせについて相互インピーダンスの計算が終了するまで、ステップS29、S30を繰り返し、すべての組み合わせの計算が終了したならば、次のステップS32へ進む。ステップS32では、ステップS30の計算結果を該当する相対位置関係が等しい相互インピーダンスに転写する。なお、まとめて計算結果を転写するのではなく、各計算ごとに計算結果を転写するようにしてもよい。

【0053】ステップS33では、算出した相互インピーダンス Z_{ij} と、入力データとして与えられた波源 V_i とを使って、金属要素に流れる電流 I_i を未知数とするモーメント法の連立方程式

$$[Z_{ij}] [I_i] = [V_i]$$

を導出し、これを解くことで、金属要素に流れる電流 I_i を求める。

【0054】そして、続くステップS34で、処理済の観測点をカウントすることで、登録されている全観測点についての処理が終了したか否かを判断する。終了していない場合には、ステップS35に進んで、算出した電流 I_i が観測点にもたらす電磁界強度を規定の算出式に従って算出する。その算出結果を出力データファイル81に格納してからステップS34に戻り、すべての観測点について電界・磁界を計算する。全観測点についての処理が終了した場合にはステップS27に戻り、次の周波数について同様に処理を繰り返す。

【0055】上記ステップS30による相互インピーダンス Z_{ij} の計算、ステップS33による電流計算およびステップS35による電界、磁界の計算法については、従来から知られている方法を用いることができるので、ここでの詳細な説明は省略する。

【0056】なお、説明を簡単にするために、電磁波の解析についてモーメント法を用いる場合の例だけを説明したが、本発明は、電気回路装置のすべての部分にモーメント法を用いる場合だけでなく、一部にのみモーメント法を用いる場合にも適用できることは言うまでもない。

【0057】図9は、本発明を適用するシステムの構成例を示す。部品配置・配線CADデータファイル90は、電子系CADシステムで作成したプリント板外形、部品ドライバ／レシーバのピン情報、配線ライン、ビア等のデータが格納されたファイルである。筐体構造CADデータファイル91は、構造系CADシステムで作成された解析分野での標準的なインタフェースであるNASTRAN形式の筐体構造データを保持するファイルである。

【0058】電磁界解析システム100は、プレ処理部110、ソルバ入力ファイル120、ライブラリ13

0、ソルバ部140、補助機能部150、解析結果の出力ファイル160、ポスト処理部170等からなる。

【0059】プレ処理部110は、部品配置・配線CADデータファイル90からプリント板に関するデータを入力して、ソルバ入力データに変換し、ソルバ入力ファイル120に出力する。また、筐体構造CADデータファイル91から筐体レベルの解析に必要な筐体構造データを入力して、ソルバ入力データに変換し、ソルバ入力ファイル120に出力する。ソルバ入力データへの変換では、プリント板間あるいは筐体外部へ出る各種ケーブル経路を作成する。また、一度取り込んだプリント板配線情報や筐体構造の変更を行う。また、プレ処理部110は、筐体内部でのプリント板実装位置を指定する機能などを持つ。また、パッチ番号付与部12を有し、本発明に係るパッチ番号の付与等を行う。

【0060】ソルバ部140は、電磁界強度を解析するモジュールで、ソルバ入力ファイル120からの入力データおよびライブラリ130から入力したプリント板で使用されている部品のライブラリ情報をもとに、解析対象種類毎にモーメント法または分布定数線路近似法により解析を行い、その結果を解析結果の出力ファイル160に出力する。特に、モーメント法の適用部分では、本発明による計算量の削減が図られている。

【0061】ポスト処理部170は、解析結果の出力ファイル160から解析結果データを入力し、ディスプレイ180に指定された形式で図化して表示する。例えば、次のような形式でディスプレイ180に表示することができる。

【0062】① 周波数スペクトル図

② 放射パターン図

③ 電磁界マップ図

④ インピーダンススペクトル図

⑤ 電流分布図

⑥ 電流スペクトル図

⑦ ワーストネットパターン図

補助機能部150は、ソルバ部140を処理途中で一旦終了し、途中結果を確認し、再度処理を続行するソルバ中断・リスタート機能を提供する。また、ソルバ140の処理がどの程度進んでいるかの処理段階を表示する状況表示機能を提供する。

【0063】この電磁界解析システム100によって、プリント板、ケーブル、筐体を対象とした実用的な解析を実現し、プリント板とケーブルのカップリング効果、金属板によるシールド効果、筐体表面の電流分布など、電磁界放射の様子や放射メカニズムの把握に有力な情報を得ることができる。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、モーメント法に基づいて電気回路装置の放射する電磁界強度を算出するにあたって、与えられた構造データに含

まれる規則性に基づいて計算量の大幅な削減が図られているので、電気回路装置の放射する電磁界強度を高速に算出できるようになる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の原理構成図である。

【図 2】本発明に係る計算量の削減原理説明図である。

【図 3】本発明の実施例のパッチ番号付与部によるパッチ番号付与方法を説明する図である。

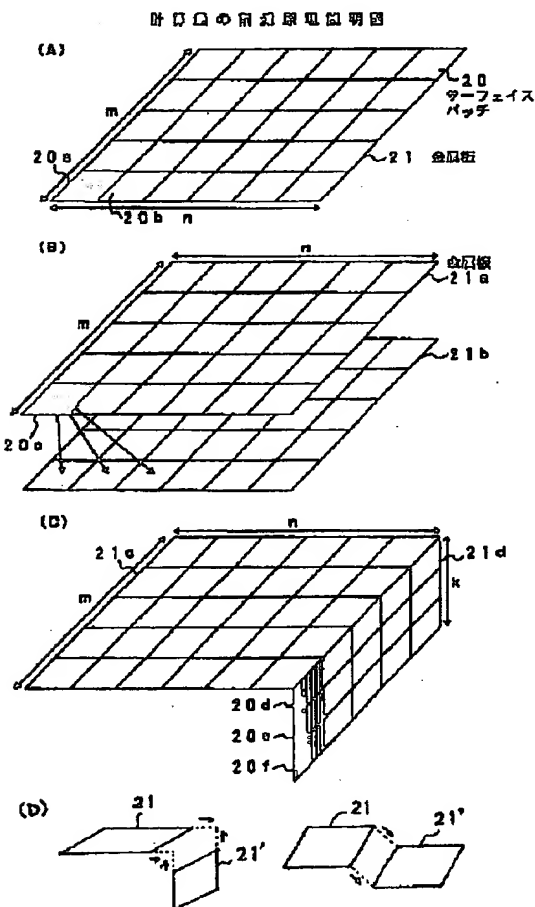
【図 4】本発明の実施例による規則性検出処理フローチャートである。

【図 5】本発明の実施例における規則性検出説明図である。

【図 6】本発明の他の実施例によるダミーパッチの説明図である。

【図 7】本発明の実施例による相互インピーダンスの計算・転写説明図である。

【図 2】



【図 8】本発明の一実施例処理フローチャートである。

【図 9】本発明を適用するシステムの構成例を示す図である。

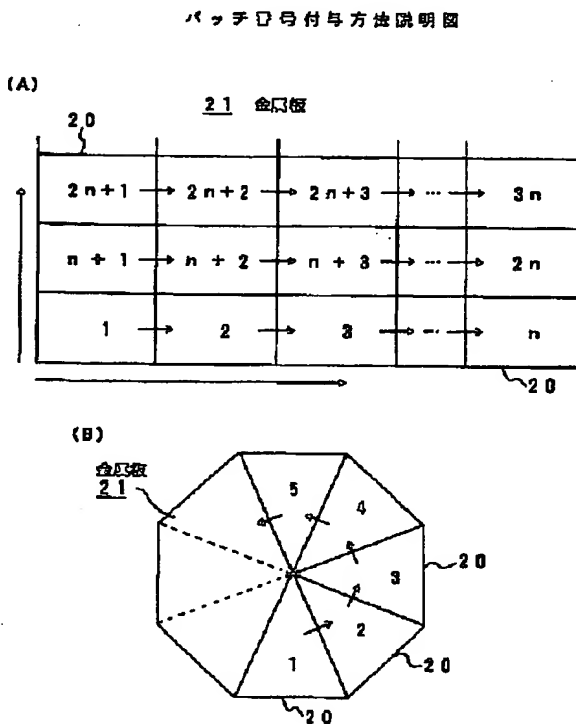
【図 10】微小ループアンテナ近似法の説明図である。

【図 11】分布定数線路近似法の説明図である。

【符号の説明】

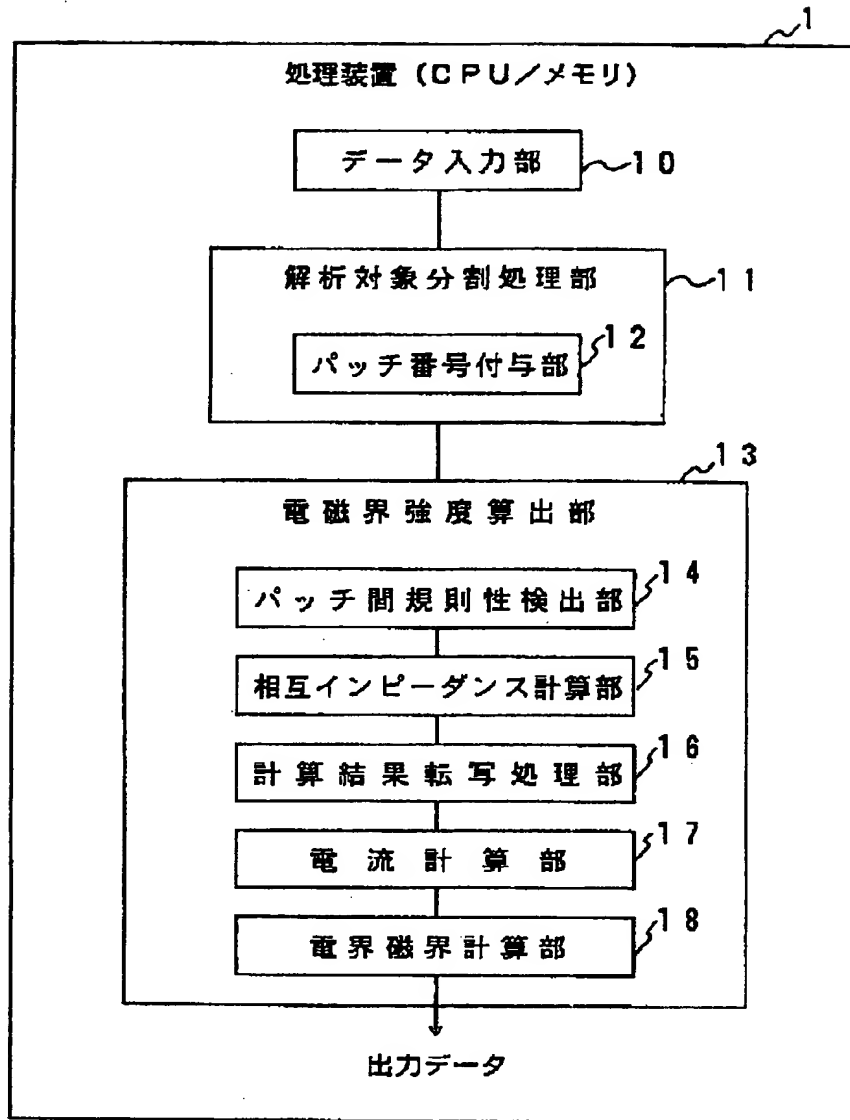
- 1 処理装置 (CPU/メモリ)
- 10 データ入力部
- 11 解析対象分割処理部
- 10 12 パッチ番号付与部
- 13 電磁界強度算出部
- 14 パッチ間規則性検出部
- 15 相互インピーダンス計算部
- 16 計算結果転写処理部
- 17 電流計算部
- 18 電界磁界計算部

【図 3】



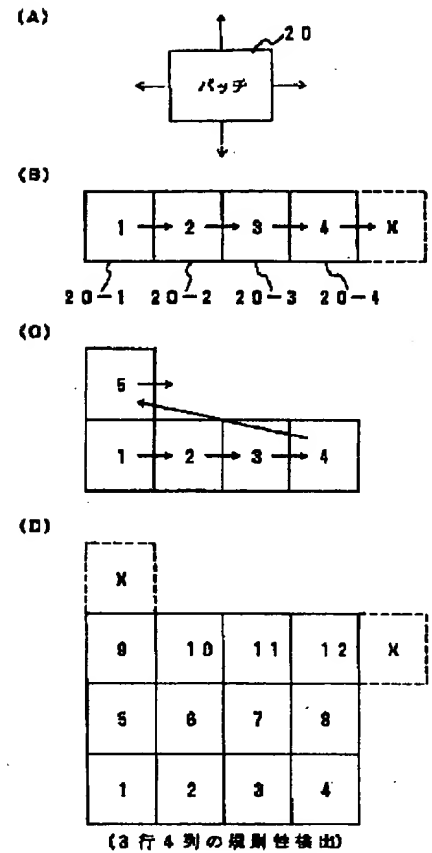
【図1】

本発明の原理構成図



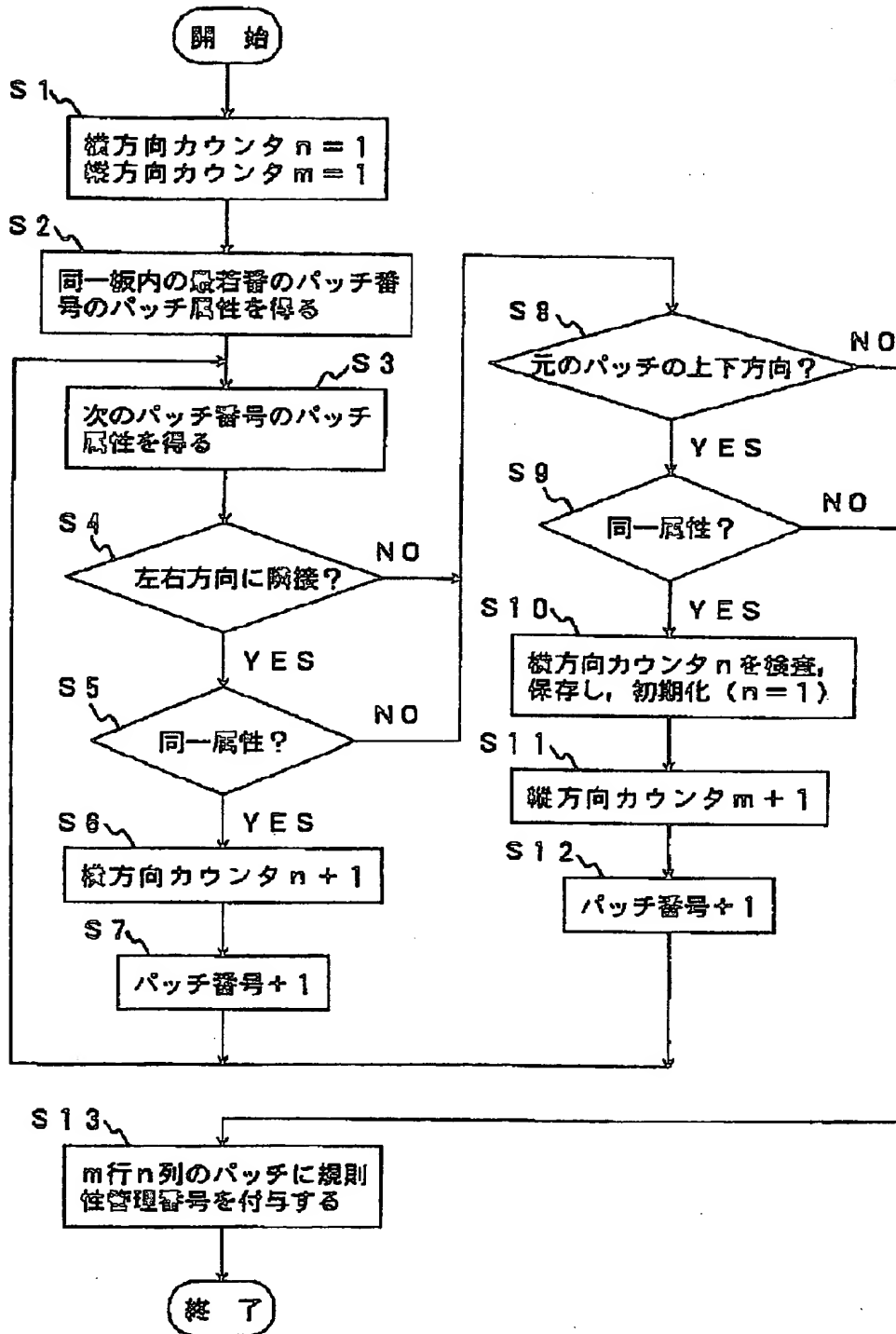
【図5】

規則性検出説明図



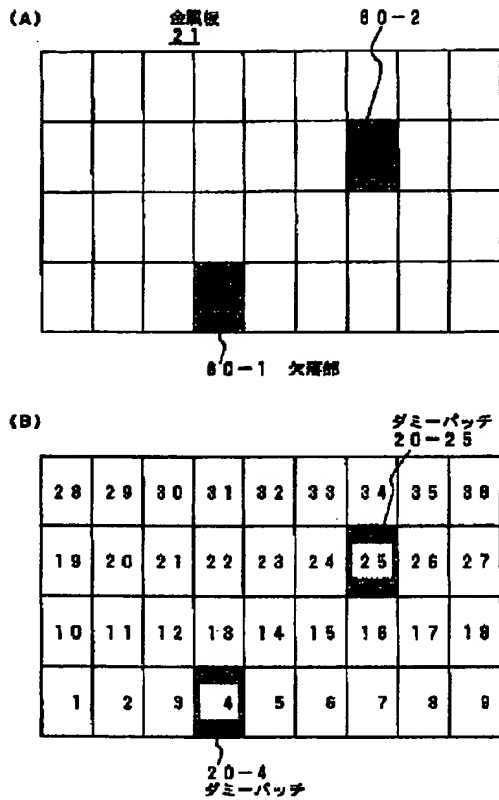
【図4】

規則性検出処理フローチャート



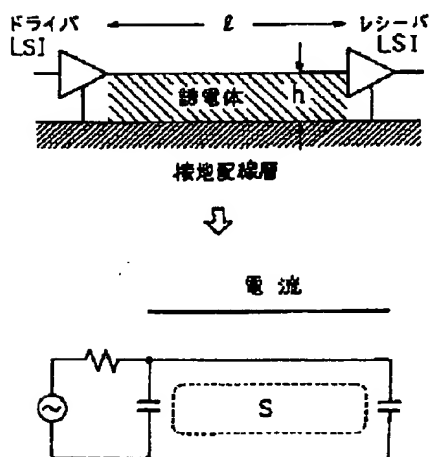
【図6】

ダミーパッチ説明図



【図10】

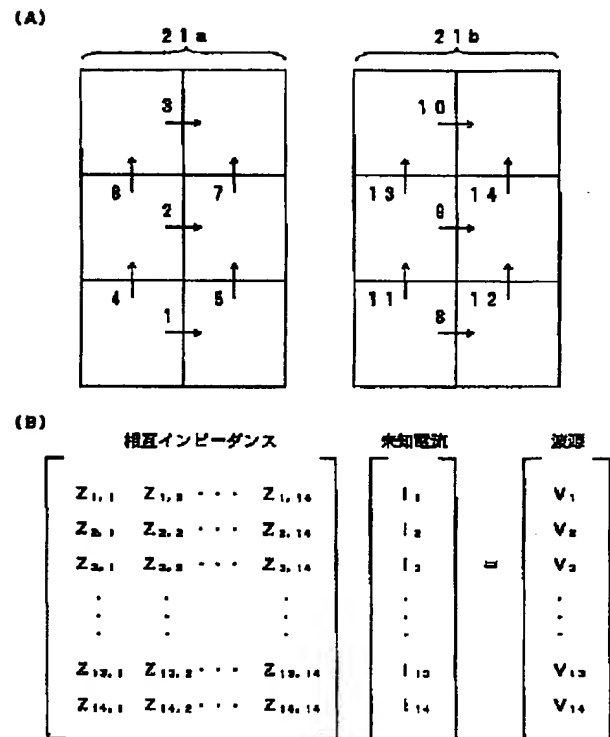
微小ループアンテナ近似法の説明図



電波放射量 \propto 周波数² \times 電流 \times ループ面積 (一様)

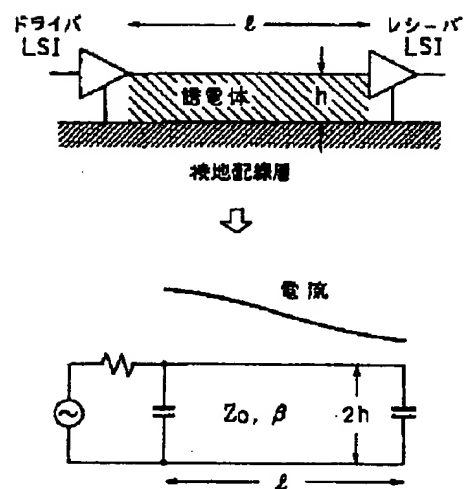
【図7】

相互インピーダンスの計算・転写の説明図



【図11】

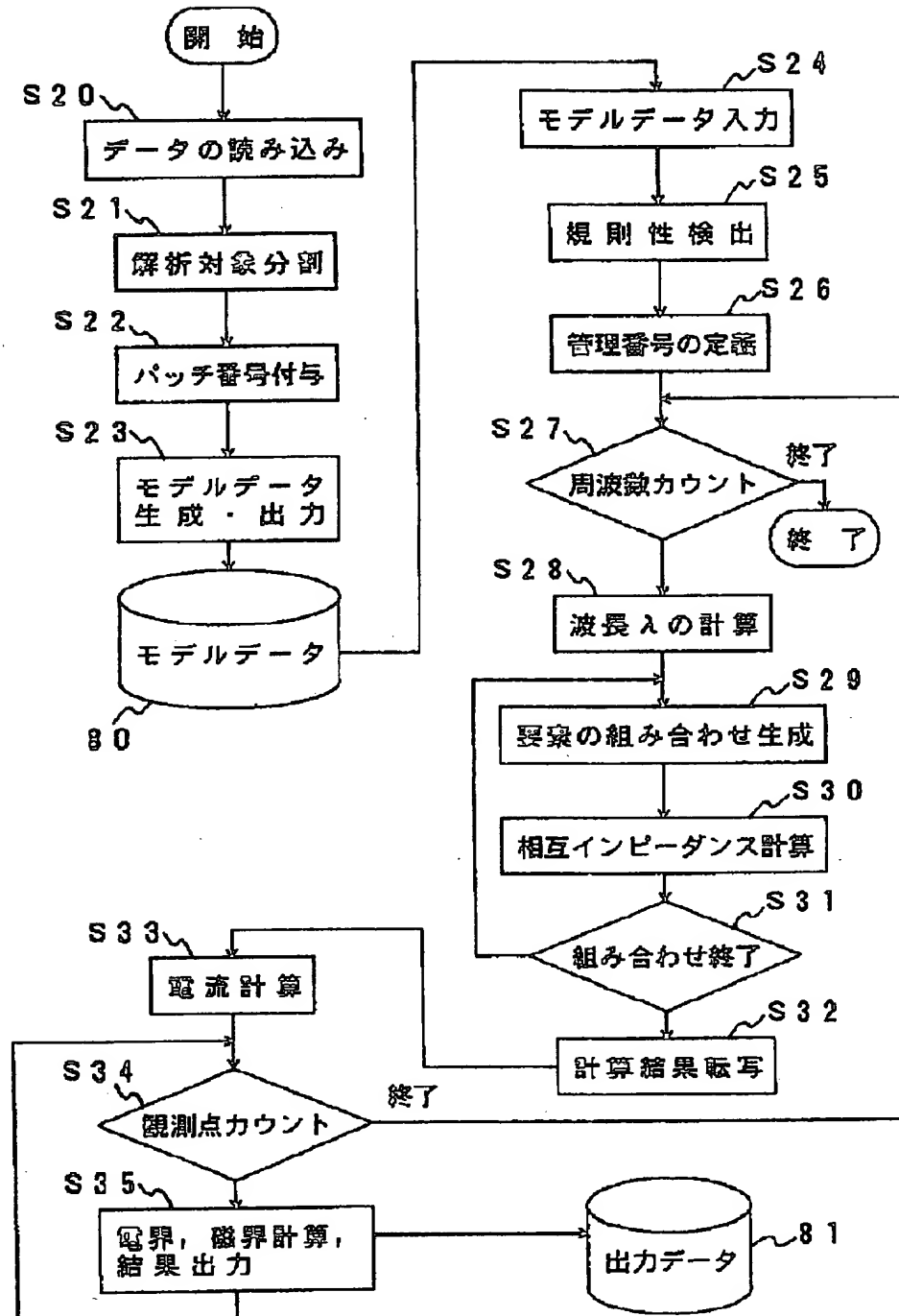
分布定数線路近似法の説明図



電波放射量 - 電流分布依存

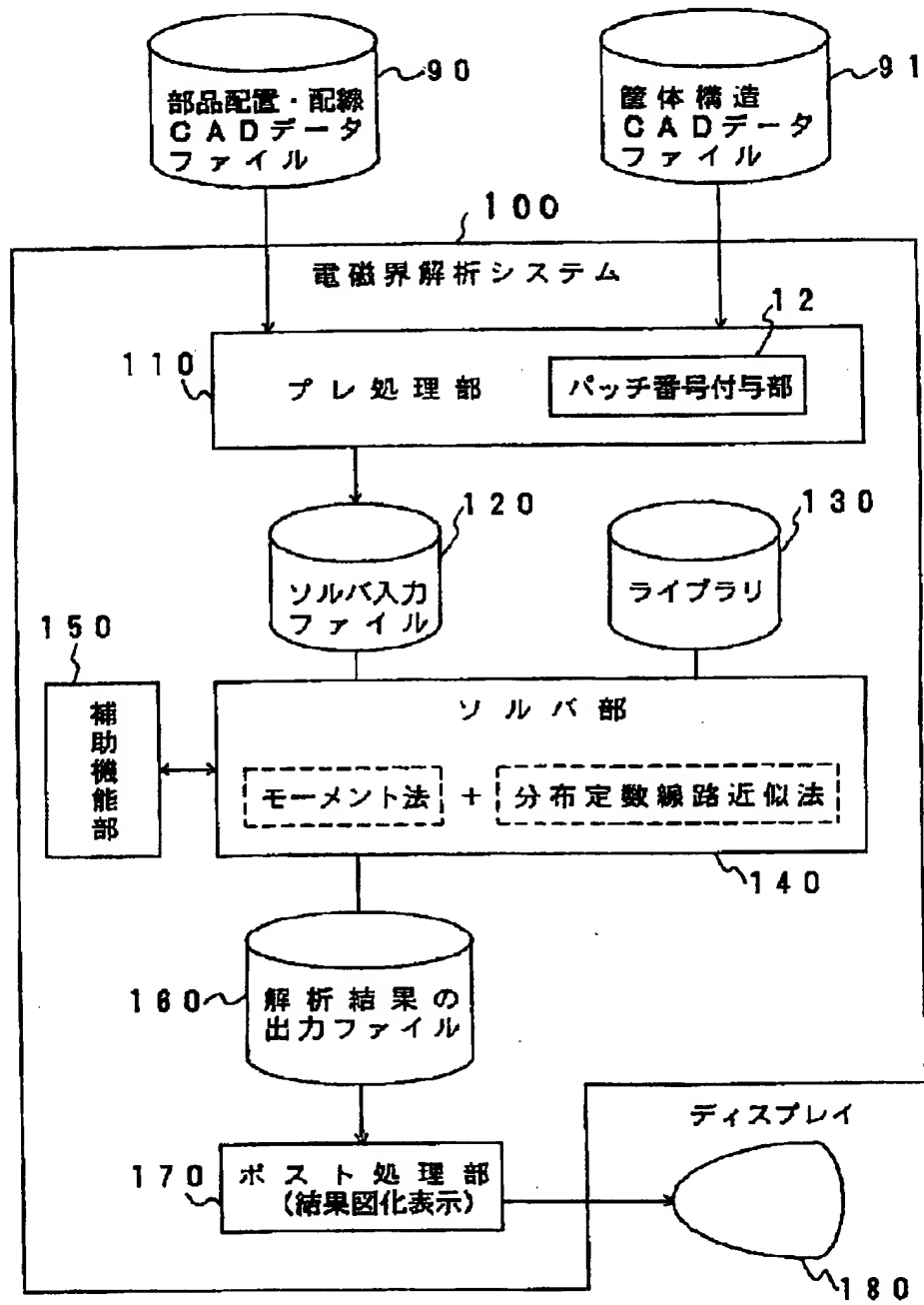
【図8】

一実施例処理フローチャート



【図9】

システム構成例



THIS PAGE BLANK (USPTO)